177-184 3532116

动 物 学 研 究 1992，13(2):177—184
Zoological Research

ISSN 0254—5853
CN 53—1040/Q

中国八种家鼠C-带核型的比较研究

陈志平 王应祥 刘瑞清 施立明

（中国科学院昆明动物研究所 650107）

摘要 本文对我国大陆八种家鼠的C-带核型进行了比较研究，并将其C-带差异数量化，进行模糊聚类分析，结果表明：

1.八种家鼠的C-带核型相互间存在一定的差异：

①八种家鼠染色体着丝点异染色质在数量上各不相同，按照一定的顺序呈现逐渐减少的趋势。②某些种类出现了插入异染色质、端位异染色质和异染色质短臂。

2.根据八种家鼠C-带核型的不同，结合地理分布等，对八种家鼠的分类地进行了讨论。

3.依据C-带核型的差异，推测八种家鼠的C-带核型进化方向可能是：①着丝点异染色质逐渐减少；②端位异染色质、插入异染色质或异染色质短臂的出现和增加。

4.按照从原始到特化的方向将C-带核型差异数量化，通过模糊聚类分析，得到了八种家鼠的聚类分析分支图，它们可以分为二个大组：斯氏家鼠和环齿鼠为一组，其余种类为另一组。

关键词： 家鼠，C-带核型，分类，模糊聚类

家鼠（*Rattus*）是一类分布广泛、与人类关系密切的伴栖性害鼠，它们不仅是农、林的重要害鼠，也是许多烈性传染病（如家鼠鼠疫、斑疹伤寒）的直接传染源或中间宿主。这一类群种数多、分化复杂、分类也较混乱。对于我国家鼠属的种和亚种分类，不同学者有不同的观点（Allen, 1940；Ellerman 等，1951；Corbet and Hill, 1980；Honacki等，1982）。有关家鼠属动物的染色体研究，国外已有不少报道（Unakul等，1972；Hsu等，1973；Markvong, 1973），日本学者吉田俊秀（Yosida）在这方面做了大量的工作，他对世界许多地方（如日本、东南亚、大洋洲、欧洲等）黑家鼠（*Rattus rattus*）的核型进行了深入细致的研究，对其起源、迁移路线和核型演化等也都作了详细的描述。但有关我国家鼠属动物的染色体研究报道尚少。本文对我国大陆八种家鼠的C-带核型进行了比较研究，并尝试将其差异数量化，以此为依据，利用模糊聚类的方法，对他们的分类地位和相似（异）关系作了研究，并对八种家鼠C-带核型的演化趋势作了初步探讨。

材料与方法

1.材料 动物来源见表1

本文1991年4月9日收到，同年10月16日修回。

表1 实验动物来源

Tab. 1 Collection localities of experimental animals

种 名	个体数及性别	产 地
黄胸鼠 *R. flavipectus*	3♂♂，3♀♀	云南西双版纳
云南黄胸鼠 *R. yunnanensis*	2♂♂，2♀♀	云南芒市，梁河
斯氏家鼠 *R. rattus sladeni*	3♂♂，2♀♀	云南下关
环齿鼠 *R. sikkimensis*	2♀♀	云南下关
大足鼠 *R. nitidus nitidus*	2♂♂，1♀	云南下关
黄毛鼠 *R. losea losea*	2♂♂，3♀♀	广东花县
中亚鼠 *R. turkestanicus celsus*	1♂	云南下关
褐家鼠 *R. norvegicus socer*	2♂♂，3♀♀	云南昆明近郊

2.方法 ①肺成纤维细胞培养和骨髓细胞短期培养：在无菌条件下取出老鼠的肺组织，剪碎后胰酶消化，在含15%小牛血清的日本"199"培养液里进行培养（37.5℃）。待细胞贴壁长成单层后，连续传代培养。传代后24—36小时，用0.25%胰酶（Difco 1:250）消化收获细胞，在收获细胞前1.5小时加秋水仙素（终浓度为0.3μg/ml），常规空气干燥法制染色体标本。骨髓细胞在相同的培养液里培养5小时（37.5℃），于收获细胞前1.5小时加入秋水仙素（终浓度为0.5μg/ml），常规空气干燥法制染色体标本。

②C-带参照Sumner（1972）的方法，先将染色体标本放入0.2N HCl中处理30分钟，再以5%$Ba(OH)_2$，54℃处理7—10分钟，水洗，置入2×SSC液中，60℃孵育2—5小时。水洗，凉干，Giemsa染色。

③核型分析：按Levan等（1964）的标准确定染色体形态类型。参照Yosida(1980)报道，把常染色体中7对中着丝点染色体（Nos. 14-20）单独排在后面，其余染色体（Nos. 1-13）按相对长度递减排列于前。

④按从原始到特化的方向，将C-带核型的差异数量化。对于二态特征数量化时规定赋予的数值为0和1；对于多态特征数量化时，按各种性状与离征的接近程度分别赋予0.25、0.5、0.75等值（周伟，1989），利用模糊聚类方法，在计算机上运算，以探讨种间的相互关系。

结 果

八种家鼠中有五种的核型已有报道(Yosida, 1971; Unakul 等, 1972, Markvong, 1973)，中亚鼠、环齿鼠和云南黄胸鼠的核型将另文报道。黄胸鼠和褐家鼠的C-带核型亦有报道（Yosida等，1975；Unakul等，1972）。我们的结果与他们的报道基本一致，但也有一些差异。八种家鼠染色体C-带见图版Ⅰ、Ⅱ（每个种均分析了20个以上的细胞）。

黄胸鼠染色体C-带核型中，除No. 10染色体着丝粒C-带阴性外，其余所有染色体着丝粒C-带均呈现阳性。它们的着丝点异染色质含量都比较丰富，尤其7对中着丝粒的染色体（Nos, 14-20），着丝点区域有大块的深染区出现。

云南黄胸鼠和黄胸鼠的C-带仅有一对不同，它们的所有染色体着丝点C-带均显示强阳性（黄胸鼠的No.10染色体着丝粒C-带呈阴性）。Y染色体是整条深染色。

斯氏家鼠的C-带核型中，Nos. 3、6、10染色体着丝粒C-带呈阳性，Nos.4、14染色体着丝点C-带一条呈阴性，另一条呈阳性。Nos. 1、2、5、7、8、11、15、17、18、19、X染色体着丝粒C-带均显示阴性或浅染。Nos. 9、12、13、16、20染色体的短臂全部显示带阳性，均为异染色质短臂。

在环齿鼠C-带核型中，Nos. 6、10染色体着丝点C-带显示强阳性，No.1染色体着丝点C-带一条呈阴性，一条呈弱阳性。Nos. 1、2、3、4、5、7、8、11、15、17、18、19、X染色体着丝点C-带均呈阴性，Nos. 9、12、13、16、20染色体短臂都为异染色质臂。可见环齿鼠和斯氏家鼠的C-带有较多的相似之处，而明显不同于黄胸鼠和云南黄胸鼠的C-带。

大足鼠C-带核型中，Nos. 1、13、20、X染色体着丝点C-带都呈阴性或浅染，除此之外，其余染色体着丝点C-带均显示阳性。其中，在No. 12染色体次缢痕区有一大块异染色质带，其短臂也显示C-带阳性，Nos. 9、20染色体短臂为异染色质臂。Y染色体是整条深染色。

黄毛鼠的C-带核型中，Nos. 2-6、8、11-14、16、19、20和X染色体着丝点C-带均呈现强阳性，异染色质含量比较丰富。No.7同源染色体着丝点C-带一条呈阴性，一条呈阳性。其余染色体着丝点C-带呈阳性或浅染色。

中亚鼠C-带核型中，No.4染色体着丝点C-带显阴性，No.1染色体着丝点C-带浅染。除此以外，其余染色体着丝点C-带均呈阳性。No.10染色体长臂近着丝点区均有一插入异染色质C-带。Nos.9、13染色体短臂均为异染色质臂。No. 14染色体长臂具端位异染色质，X染色体着丝点C-带浅染，Y染色体整条深染。

褐家鼠C-带核型中，Nos.1、5、6、19、20染色体着丝点C-带呈阴性，其余染色体着丝点C-带均显示弱阳性或阳性。Nos.9、13染色体短臂为异染色质短臂，No.10染色体长臂近着丝点区和No.19染色体短臂上均有一插入异染色质C-带。

由此可见，异染色质C-带在8种家鼠中各不相同，其变化大致可归纳如下：（1）常染色体着丝点异染色质在数量上各不相同，从黄胸鼠、云南黄胸鼠——→大足鼠、黄毛鼠、中亚鼠、褐家鼠——→斯氏家鼠、环齿鼠依次呈现逐渐减少的趋势。（2）有些种类存在插入异染色质、端位异染色质和异染色质短臂。（3）性染色体着丝点C-带也不尽相同，如X染色体就呈现由多到少的趋势。

讨　论

1.八种家鼠的分类　我国家鼠类群的种级分类问题，一直比较混乱（表2）除褐家鼠和大足鼠的种级分类地位争论不多外，其余几个类群的分类地位都存在不少争议。Ellerman等（1951）把黄胸鼠、云南黄胸鼠、斯氏家鼠和环齿鼠均列作大家鼠（*Rattus rattus*）的亚种或亚种的异名，近来一些学者认为黄胸鼠、斯氏家鼠和环齿鼠应分别为三个独立种，云南黄胸鼠为黄胸鼠的异名（Honacki等，1982），黄毛鼠和中亚鼠均被

认为是 *Rattus rattoides* 的亚种，近期又被认为是两个独立的种（Corbet and Hill, 1980；Honacki 等，1982）。可见争论的焦点均在于是种还是亚种，所依据的多是属传统的形态学特征。

表2　中国家鼠属的种和亚种分类

Tab. 2 The classification of genus *Rattus* in China

Allen(1940)	Ellerman等 (1951)	Corbet and Hill(1980)	Honacki等 (1982)
R. flavipectus	*R. rattus*	*R. rattus*	*R. rattus*
R. f. flavipectus	*R. r. flavipectus*	*R. koratensis(sladeni)*	*R. r. flavipectus*
R. f. yunnanensis	*R. r. yunnanensis*	*R. nitidus*	*R. sladeni*
R. rattus	*R. r. sladeni*	*R. losea(exiguus)*	*R. sikkimensis*
R. r. sladeni	*R. r. sikkimensis*	*R. rattoides(turkestanicus)*	*R. nitidus*
R. nitidus	*R. nitidus*	*R. norvegicus*	*R. losea*
R. losea	*R. rattoides*		*R. l. losea*
R. l. losea	*R. r. losea*		*R. turkestanicus*
R. l. celsus	*R. r. celsus*		*R. t. celsus*
R. norvegicus	*R. norvegicus*		*R. norvegicus*

从图版Ⅰ、Ⅱ可以看出，在C-带核型中，黄胸鼠、云南黄胸鼠与斯氏家鼠、环齿鼠的差异比较显著。斯氏家鼠和环齿鼠染色体着丝点C-带有减少的趋势，如 Nos. 1、2、5、7、8、11、15、17、18、19、X等多对染色体着丝点C-带在两个种中均显示阴性，并且 Nos. 9、12、13、16、20 染色体短臂都为异染色质臂；而黄胸鼠（除 No. 10 外）和云南黄胸鼠所有染色体着丝点 C-带均显示强阳性，都没有出现异染色质短臂。另外，黄胸鼠与云南黄胸鼠也有一对染色体的C-带不同，No. 10 染色体着丝点 C-带在黄胸鼠和云南黄胸鼠分别显示阴性和阳性。斯氏家鼠和环齿鼠亦有几对染色体的 C-带不同，No.3染色体着丝点 C-带在斯氏家鼠、环齿鼠分别呈阳性和阴性，No.4同源染色体着丝点C-带在斯氏家鼠一条呈阴性，另一条呈阳性；而在环齿鼠则显阴性。比较黄毛鼠和中亚鼠C-带核型，其差异也很大，中亚鼠的No.10染色体有插入异染色质，Nos. 9、13染色体短臂为异染色质臂，No. 14 染色体具端位异染色质，而这些在黄毛鼠 C-带核型中均没出现。同时，中亚鼠的X染色体着丝点 C-带显示阴性而在黄毛鼠则为阳性。此外，黄胸鼠、云南黄胸鼠、斯氏家鼠和环齿鼠都是同域分布，黄胸鼠和云南黄胸鼠的带蚤情况亦不相同。因此，我们认为把它们归为八个独立的种可能更为适宜。这与 Honacki等(1982)的观点较为接近（表2）。

在家鼠类群中，C-带核型的差异能否作为一个有效的分类依据呢？不少学者讨论过啮齿动物染色体上异染色质的变化与物种分化的关系，但各人观点不尽一致。Freitas 等（1984）和Patton等（1982）认为，在他们研究的啮齿动物中，染色体上异染色质的变化与物种分化没有直接的联系。而Yosida(1980)、Sen等（1983）和Yoon(1989)则认为异染色质的变化（数量和分布的不同）与种的分化有直接的关系，它们的差异可以作为生育障碍。据此 Modi(1987) 认为在不同的啮齿动物类群中，异染色质的变化与种的分化有不同的对应关系。在家鼠属中，根据 C-带特征的差异，一些学者认为应把 *R*,

*rattus argentiventer*和*R. rattus jalorensis*两亚种升为两个独立的种（Marshall等，1970；Musser，1973）。Yosida（1980）通过黑家鼠和褐家鼠之间的人工授精实验，证实最初有胚胎形成，但在授精后两周内全部死亡。他认为尽管两者的常规核型相似，但它们的C-带和Ag-NORs的数目与分布有明显的差异，这反应了染色体结构的不同，是导致胚胎死亡的一个重要原因。因此C-带核型的差异可作为本类群的有效分类依据之一。

2.八种家鼠的C-带核型演化　关于C-带核型的演化方向，不少学者作过讨论。Hsu等（1971）指出，异染色质的增加或减少都可能是物种进化的指征。Schwarzacker（1977）也曾提出，在系统进化过程中，异染色质区域的大小要么保留原状，要么就逐渐减少或消失。一些学者对不同啮齿动物类群进行研究后（Yates等，1979；Yosida，1980；Modi，1987），都认为原始C-带核型应具备以下条件：常染色体都有着丝点C-带，且异染色质比较丰富，X染色体具有着丝点C-带，Y染色体整条C-带深染色。据此，可以看出，在这8种家鼠中以黄胸鼠和云南黄胸鼠最接近上述条件，同时也发生了各种各样的变化：（1）不同种中常染色体着丝点异染色质有不同程度的减少；（2）某些种类具有插入、端位异染色质或整个染色体短臂异染色质化；（3）X染色体着丝点C-带在一些种类显示弱阳性，异染色质呈减少趋势。由此推测8种家鼠C-带核型的进化方向可能是：（1）着丝点（C-带）异染色质逐渐减少；（2）端位异染色质、插入异染色质或异染色质短臂的出现和增加。

3.八种家鼠的相互关系　根据上面的讨论，按从原始到特化的方向，将八种家鼠

表3　八种家鼠C-带核型差异度（数值化）

Tab. 3 The differences of C-banding patterns of 8 species rats

染色体对	黄胸鼠	云南黄胸鼠	斯氏家鼠	环齿鼠	大足鼠	黄毛鼠	中亚鼠	褐家鼠
1	0	0	0.75	0.75	0.25	0.25	0.25	0.75
2	0	0	1	1	0	0	0	0.25
3	0	0	0.25	1	0.25	0	0	0.25
4	0	0	0.5	0.75	0	0	1	0
5	0	0	1	1	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0.25	0	0	1
7	0	0	0.75	0.75	0	0.5	0	0
8	0	0	1	1	0	0	0	0
9	0	0	1	1	1	0.25	1	1
10	1	0	0	0	0	0.25	1	1
11	0	0	1	1	0	0	0	0
12	0	0	1	1	1	0	0.25	0
13	0	0	1	1	0.75	0.25	1	1
14	0	0	0.5	0.75	0	0	1	0
15	0	0	1	1	0	0.25	0	0
16	0	0	1	1	0	0	0	0.25
17	0	0	0.75	1	0	0.5	0	0.25
18	0	0	0.75	1	0	0.25	0	0
19	0	0	0.75	1	0	0	0	1
20	0	0	1	1	1	0	0	1
X	0	0	0.75	0.75	0.75	0	0.75	0.25

的C-带核型差异数量化（表3）。在计算机上进行模糊聚类，得到它们相互间的相似率（表4），由此可得其相互关系（图1）。

表4 八种家鼠模糊聚类的相似率(λ)

Tab. 4 The similarity of fuzzy aggregation of 8 species rats

聚类顺序	聚类编号	聚类编号	λ值
①	2	6	0.7784
②	3	4	0.7784
③	1	(2.6)	0.7631
④	((2,6),1)	5	0.5151
⑤	(((2,6),1),5)	7	0.4870
⑥	((((2,6),1),5),7)	8	0.4539
⑦	(((((2,6),1)5),7),8)	(3,4)	0.2843

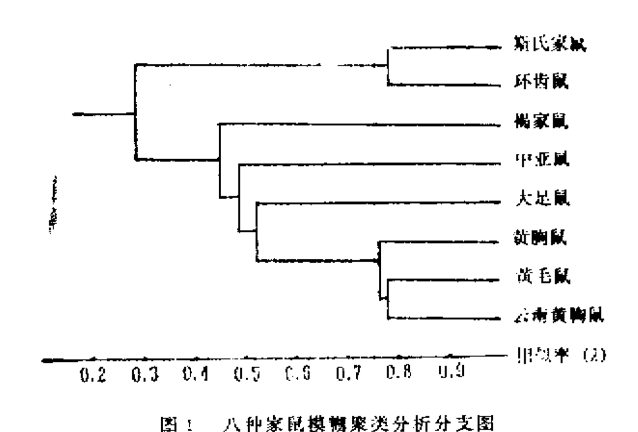


图1 八种家鼠模糊聚类分析分支图

Fig. 1 Cluster analysis dendrogram of 8 species rats in China

如以λ（相似率）=0.35为标准，则可划分为两个大组：即斯氏家鼠和环齿鼠为一组；黄胸鼠、云南黄胸鼠、大足鼠、黄毛鼠、中亚鼠和褐家鼠为另一组。当然，这个相互关系图并不反映它们的系统演化关系，只是反映它们相互间的相似（异）程度。

参 考 文 献

周伟 1989 应用聚类分析方法研究鲤亚科的系统发育。四川动物 8(4):19—21。

Allen, G. M. 1940 The mammals of China and Mongolia. part 2. Amer. Mus. Nat. Hist., New York.

Corbet, G. B. and J. E. Hill 1980 A world list of mammalian species. Brit. Mus. (Nat. Hist.), London and Ithaca. pp. 172-175.

Ellerman, J. R. and T. C. S. Morrison-Scott 1951 Checklist of Palaearctic and Indian Mammals 1758-1945. Brit. Mus. (Nat. Hist.), London.

Freitas, T. R. O. *et al.* 1984 Unusual C-band patterns in three karyotypically rearranged forms of *Sca-*

pteromys (Rodentia, Cricetidae) from Brasil. *Cytogenet. Cell Genet.*, 38:39-44.

Honacki, J. H., K. E Kinman And J. W. Koeppl 1982 Mammal species of the world. Lawrence, Kansas:Allen Press.

Hsu, T. C. and F. E. Arrighi 1971 Distribution of constitutive heterochromatin in mammalian chromosomes. *Chromosoma (Berl.)*, 53:25-36.

Hsu, T. C. and K. Benirschke 1973 An atlas of mammalian chromosomes. Vol. 7 Springer-Verlag, New York.

Levan, A., K. Freoga and A. A. Sanberg 1964 Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas*, 52:201-220.

Markvong, A., J. J. Marshsll and A. Gropp 1973 Chromosomes of rats and mice of Thailand. *Mammal. Chrom. Newsl.*, 14:91-99.

Marshall, J. T. and V. Nongngork 1970 Mammals of Samui Island, Thailand. Nat. Hist. Bull. Siam Soc., 23:501-509.

Modi, W. S. 1987 C-banding analyses and the evolution of heterochromatin among arvicolid rodents. *J. Mamm.*, 68(3):704-714.

Musser, G. G. 1973 Zoographical significance of the ricefield rat, *Rattus argentiventer*, on Celebes and New Guinea and the identify of *Rattus pesticulus*. *Amer. Mus. Novitates*, 2511: 1-30.

Patton, J. L. and S. W. Sherwood 1982 Geneome evolution in pocket gophers (genus *Thomonys*). I. Heterochromatin variation and speciation potential. *Chromosoma(Berl.)*, 85:149-162.

Schwarzacher, H. G. 1977 Molecular structure of human chromosome. Academic press ed. by J. Yunis P. 57.

Sen, S. and T. Sharma 1983 Role of constitutive heterochromatin in evolutionary divergence:results of chromosome banding and condensation inhibition studies in *Mus musculus*, *Mus booduga*, and *Mus dunni*. *Evolution*, 37:628-636.

Summer, A. T. 1972 Simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin. *Exp. cell Res.*, 75: 304-306.

Unakul, W. and T. C. Hsu 1972 The C-and G-banding Patterns of *Rattus norvegicus* chromosomes. *Journal of the national cancer institute*, 49(5):1425-1431.

Yates, T. L., R. J. Baker and R. K. Barnett 1979 Phylogentic analysis of karyological variation in three genera of *Peromyscine* rodents. *Syst. Zool.*, 28:40-48.

Yoon, J. S. 1989 Chromosomal evolution and speciation in Hawaiian Drosophila. In Genetics, Speciation and the Founder Principle (Eds. Giddings, L. V., K. Y. Kaneshiro and W. W. Anderson). pp. 129-148.

Yosida, T. H. 等, 1971 Karyotypic differences of black rats, *Rattus rattus*, collected in various localities of east and southeast Asia and Oceania. *Chromosoma(Berl.)*, 33:152-267.

Yosida, T. H. and T. Sagai 1975 Variation of C-bands in the chromosomes of several subspecies of Rattus rattus. *Chromosoma(Berl.)* 50:283-300.

Yosida, T. H, 1980 Cytogenetics of the black rat. University of Tokyo Press.

COMPARATIVE STUDIES ON THE C-BANDED KARYOTYPES OF 8 SPECIES OF GENUS *Rattus* IN CHINA

Chen Zhiping Wang Yingxiang Liu Ruiqing Shi Liming

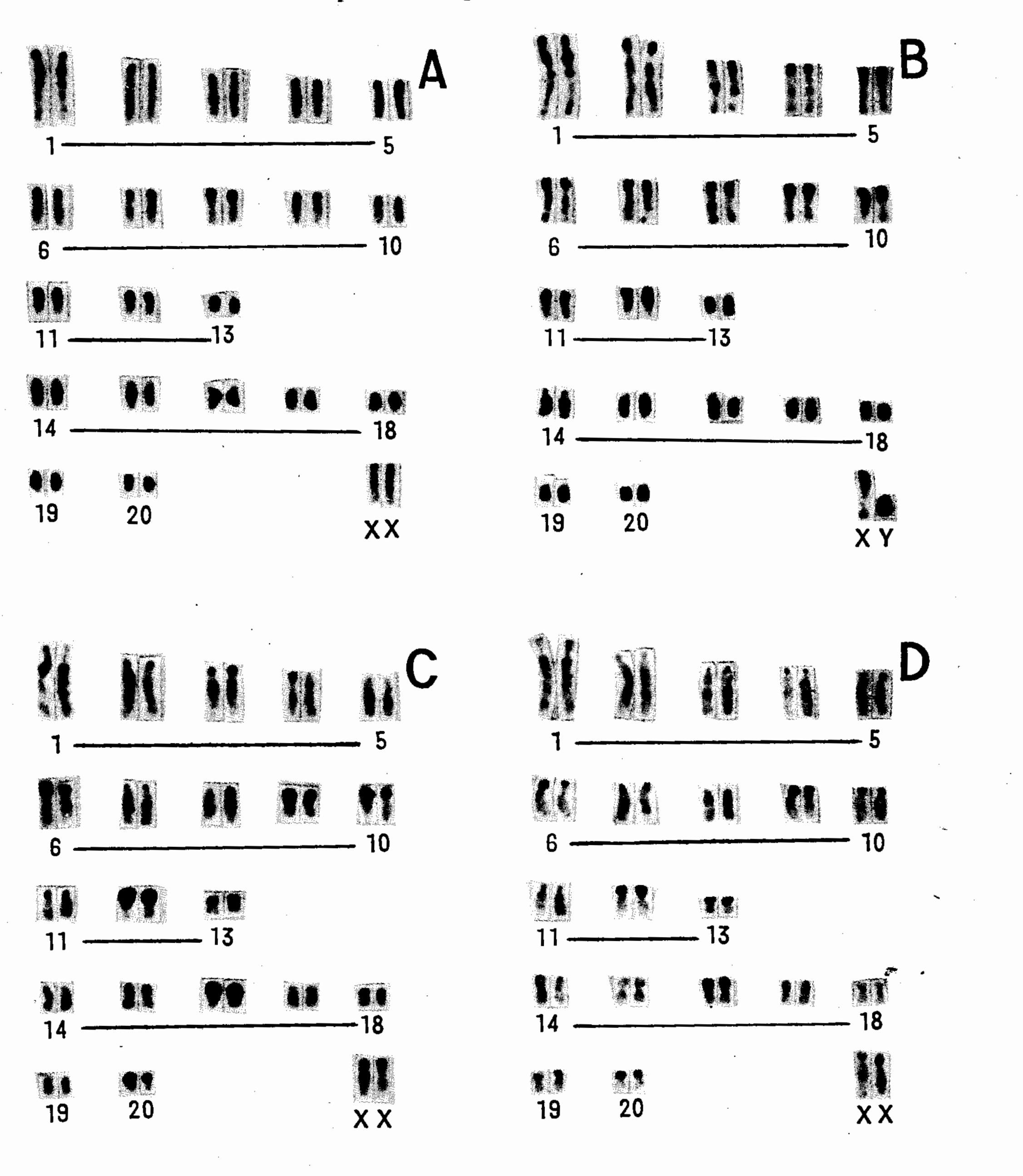
(*Kunming Institute of Zoology, Academia Sinica* 650107)

This paper deals with the comparison of C-banding patterns of all *Rattus* species(8 species) in China. And there are some differences among their C-banded karyotypes.

The evolution of C-banding patterns of 8 species of rats has been studied, and the following factors maybe facilitate karyotypic variability: loss of centromeric heterochromatin, interstitial heterochromatin, terminal heterochromatin and heterochromatic arms.

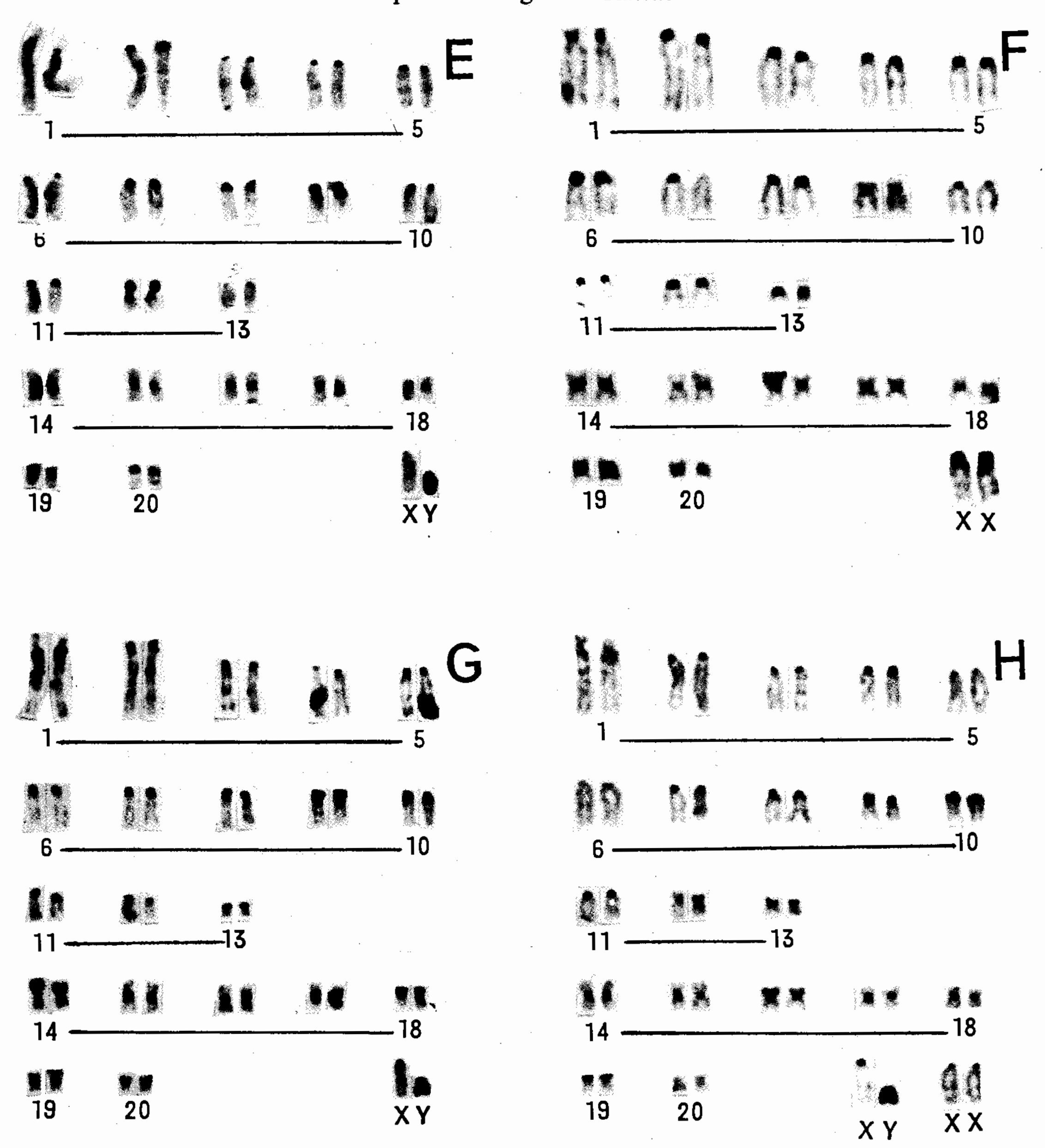
Based on the different characteristics of C-banded karyotypes, *R. yunnanensis*, *R. sikkimmensis* and *R. turkestanicus* may be classified into three independent species. Moreover, a cluster dendrogram has been presented in this paper by the fuzzy aggregation. It shows that these 8 species are able to divide into two groups: *R. rattus sladeni R. sikkimensis* for the first group and *R. flavipectus*, *R. yunnanensis*, *R. nitidus*, *R. losea*, *R. turkestanicus* and *R. norvegicus* for the second.

Key words: *Rattus*, C-banded karyotype, Classification, Fuzzy aggregation



图版Ⅰ　八种家鼠的C－带核型，A：黄胸鼠、B：云南黄胸鼠、C：环齿鼠、D：斯氏家鼠

Plate Ⅰ　The C-banded karyotypes of 8 species of rats: *R. flavipectus*(A), *R. yunnanensis*(B), *R. rattus sladeni*(C), *R. sikkimensis* (D).



图版Ⅱ 八种家鼠的C－带核型，E：大足鼠、F：黄毛鼠、G：中亚鼠、H：褐家鼠

Plate Ⅱ The C-banded Karyotypes of 8 species of rats: *R. nitidus*(E), *R. losea*(F), *R. turkestanicus*(G), *R. norvegicus*(H).